

## MODIFICAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO SUPERFICIAL E INCORPORADO EM LATOSSOLO VERMELHO SOB CULTIVO DE CANA PLANTA

NOBILE, Fabio Olivieri de<sup>1</sup>  
KFOURI JÚNIOR, Flávio<sup>2</sup>  
PESSI, Gabriel Henrique Pazin<sup>2</sup>

Recebido em: 2013.10.01

Aprovado em: 2014.04.16

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.986

**RESUMO:** A aplicação superficial de calcário tem-se mostrado eficiente na correção da acidez do solo no sistema plantio direto. ao contrário do esperado, os efeitos da aplicação de calcário têm ocorrido em profundidade e em períodos de tempo relativamente curtos, apesar da sua baixa solubilidade no solo. o trabalho teve por objetivo avaliar as alterações nas propriedades químicas de um latossolo vermelho em função da granulometria e do modo de aplicação. o delineamento experimental utilizado foi esquema fatorial 2x2, resultantes da combinação de 2 tipos de calcário (prnt = 70% e prnt = 103%) com 2 modos de aplicação (incorporado ao solo e aplicado em superfície), mais um tratamento controle adicional, todos com 5 repetições, totalizando 25 parcelas. Foram realizadas análises químicas (ph, m.o., p, k, ca, mg, h+al, etc e saturação por bases) do solo coletado nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m aos 3 meses após a implantação do experimento. os resultados evidenciaram que não ocorreram em ambas às profundidades avaliadas. a aplicação em superfície do corretivo da acidez antes da implantação da cultura não foi suficiente para elevar a saturação por bases em nível almejado para a cultura da cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Corretivo de solo. Modo de aplicação. *Saccharum officinarum*

### CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL FOR EACH APPLICATION LIME INCORPORATION AND SURFACE IN PLANT CANE

**SUMMARY:** The lime application in surface has been shown effective in correcting soil acidity in the conventional system. Contrary to expectations, the effects of liming have occurred at depth and in relatively short periods of time, despite its low solubility in soil. The study aimed to assess the changes in the chemical properties of an Oxisol in function of particle size and mode of application. The experimental design was a 2x2 factorial design, resulting from the combination of two types of lime (PRNT = 70% e PRNT = 103%) with 2 modes of application (incorporated and applied to the soil surface), plus a control additional, all with 5 replicates, totaling 25 plots. Chemical analyzes were performed (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, CTC and bases saturations) soil collected at 0-0,20 m and 0,20-0,40 m at 3 months after implantation of the experiment. The results showed that no there were both evaluated at depths. The application surface acidity corrective before crop establishment was not enough to raise the base saturation level desired for the culture of sugar cane.

**Keywords:** Limestone. Application method. *Saccharum officinarum*

## INTRODUÇÃO

As alterações nas características químicas do solo não preparado convencionalmente são complexas. A discussão sobre a correção da acidez do solo nesse sistema de cultivo é ampla e carece de maiores informações (SOBRAL, 2011).

A calagem em áreas não preparadas convencionalmente, é realizada na superfície do solo. Como os materiais corretivos da acidez utilizados na agricultura são pouco solúveis, e os produtos da reação do calcário com o solo têm mobilidade limitada, a ação da calagem, nesse caso, deve ser muito restrita às camadas superficiais do solo (CAIRES *et al.*, 2011).

<sup>1</sup> Professor Doutor da Fundação Educacional de Barretos-UNIFEB. Rua Professor Roberto Frade Monte, 385, Barretos, SP. CEP=14783-226. E-mail: fonobile@feb.br

<sup>2</sup> Acadêmico em Engenharia Agrônoma da Fundação Educacional de Barretos. Rua Professor Roberto Frade Monte, 385, Barretos, SP. CEP=14783-226.

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases (CAIRES, 2013). No Brasil, aumentos na produção com a calagem têm sido demonstrados por seu efeito no aumento do pH, na redução de Al e Mn tóxicos, no aumento da absorção de N, P, K e S e no fornecimento de Ca e Mg. A reação do calcário, entretanto, é geralmente limitada ao local de sua aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo (PINHEIRO *et al.*, 2014).

Estudos mostram que a calagem superficial tem apresentado melhorias em comparação com o método de revolvimento do solo, proporcionando melhor capacidade de desenvolvimento radicular e, ressalvadas as situações de selamento de poros, proporciona alterações em atributos químicos em profundidades comparáveis à calagem incorporada, especialmente em solos menos argilosos e com menor acidez potencial (GONÇALVES *et al.*, 2011).

No estabelecimento de cultura semiperene, como a cana-de-açúcar, a calagem adequada é importante, visto que um solo ácido comprometerá a produtividade das plantas por muito tempo (RAIJ *et al.*, 1997). Este fato torna-se importante, porque a calagem superficial em lavouras em soqueiras exerce ação restrita na neutralização da acidez do solo em profundidade e sem efeito significativo na produção (PRADO *et al.*, 1995). Uma adequada utilização da prática da calagem, com maior relação benefício/custo, requer atenção não só no ano agrícola de sua aplicação, mas também em anos sucessivos, isto é, em seu efeito residual, beneficiando todo o ciclo das soqueiras, com maior longevidade e com aumento do intervalo entre as reformas do canavial.

A aplicação superficial de calcário, sem incorporação ao solo, normalmente não é recomendada para cultivos, porque o volume de solo corrigido é pequeno e, embora se forme uma frente alcalinizante no perfil do solo, seu avanço é lento e proporciona baixa eficiência na correção da acidez em subsuperfície (VIEIRA, 2011).

No Brasil, tem aumentado o interesse pela busca de alternativas para o estabelecimento de culturas, no sistema plantio direto, em áreas novas, sem proporcionar revolvimento do solo. As vantagens desse procedimento estão relacionadas com a manutenção de atributos químicos e estruturais do solo, com o maior controle da erosão e com a economia com as operações de incorporação de calcário e preparo do solo. Considerando que a calagem na superfície, pode ter ação limitada nas camadas superficiais, principalmente nos primeiros anos de cultivo, é possível que a aplicação de corretivos com granulometria mais possa compensar esse efeito, sem necessidade de incorporação do calcário no sistema plantio direto (CAIRES *et al.*, 2008).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as alterações químicas do solo, considerando a aplicação de calcário (PRNT = 103 % e 70 %) na superfície, e com incorporação, em duas profundidades.

## 1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na Usina de Açúcar e Álcool Unidade São José (20°39'47.55" S, 49°32'04.39" W e altitude de 588 m), localizada no município de Barretos, região norte do Estado de São Paulo, no período outubro de 2012 a novembro de 2013. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como Aw, com inverno seco e moderado, e verão quente e chuvoso. A precipitação total no período de estudo foi de 1200 mm, com temperatura média no verão de 34 °C e no inverno de 16,5 °C.

O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura média (EMBRAPA, 2013), anteriormente utilizado para pastagem e que não havia recebido fertilizante e corretivo. Para caracterização química do solo foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Química da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), utilizando a metodologia descrita em Raij *et al.* (2001). O resultado da análise química apresentou, na profundidade de 0,20 m: pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>)= 4,8; matéria orgânica (Walkley-Black)= 16,3 g dm<sup>-3</sup>; P (resina)= 7,3 mg dm<sup>-3</sup>, K (resina)= 1,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca (resina)= 15,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg (resina)= 5,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al (Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>)= 22,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e com base nos resultados foram calculados a soma de base (SB)= 21,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions (CTC)= 44,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases (V%) = 49,1 %. O resultado da análise química apresentou, na profundidade de 0,20-0,40 m: pH (CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>)= 4,5; matéria orgânica (Walkley-Black)= 12,6 g dm<sup>-3</sup>; P (resina)= 6 mg dm<sup>-3</sup>, K (resina)= 0,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca (resina)= 14 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg (resina)= 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al (Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>)= 24 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e com base nos resultados foram calculados a soma de base (SB)= 18,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; capacidade de troca de cátions (CTC)= 42,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e saturação por bases (V%) = 41,5 %

Para o preparo da área experimental, foram realizadas duas arações e uma gradagem, em seguida foi realizado o estaqueamento para confecção das parcelas.

Foram feitas aplicações de corretivos de acordo com a análise química do solo, e dos dois tipos de calcário (PRNT = 70 % e 103%, em função dos tratamentos estabelecidos), elevando a saturação de bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (RAIJ *et al.*, 1997). A calagem foi realizada no dia 16/10/2012 com antecedência de 90 dias do plantio. O objetivo dos corretivos com diferentes PRNTs foi de verificar a possibilidade de lixiviação de partículas e possível correção de acidez em profundidade.

Foram utilizados 25 parcelas com 5 linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 1,50m entre si e com 10 metros de comprimento, Assim, cada parcela teve uma área total de 75m<sup>2</sup>.

Os tratamentos testados foram de 4, resultantes da combinação de 2 tipos de corretivos (PRNT = 70% e PRNT = 103%) com 2 modos de aplicação (incorporado ao solo e aplicado em superfície). Os corretivos foram aplicados e incorporados (apenas nos tratamentos que ocorrem à incorporação), numa camada de 0,20 m de profundidade, sendo a incorporação do corretivo no solo feito através de uma gradagem, uma aração e novamente uma gradagem. Todas as parcelas receberam fertilizantes minerais de acordo com as recomendações constantes do Boletim no 100 do IAC (1997), para o Estado de São Paulo, com dose de 500 kg/ha da fórmula 06-30-24.

No campo, os tratamentos foram divididos em: 1 – Controle (sem aplicação de calcário), 2 - PRNT 103% em superfície (1,1 t ha<sup>-1</sup>), 3 - PRNT 103% incorporado (1,1 t ha<sup>-1</sup>), 4 - PRNT 70% em superfície (1,6 t ha<sup>-1</sup>), 5 - PRNT 70% incorporado(1,6 t ha<sup>-1</sup>).

Assim, o delineamento experimental foi em esquema fatorial 2x2, 2 tipos de calcários, 2 modos de aplicação + tratamento controle adicional, com 5 repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. O método para determinação da necessidade de calagem foi o método da elevação de saturação por bases (RAIJ *et al.*, 1997)

Utilizou-se coo planta teste a cana-de-açúcar, variedade RB 85-5536, apresenta touceiramento bom, com touceiras semiabertas e colmos eretos, empalhados, com bainhas semiabertas, de fácil despalha, de diâmetro médio e de cor verde arroxeada, quase se acentua quando expostos (HOFFMANN *et al.*, 2008).

As amostras de solo foram coletadas 100 dias após a aplicação dos corretivos, foram retiradas 12 amostras simples das três entre linhas centrais, sendo 4 amostras por entre linha. As amostras simples foram desterroadas, homogeneizadas e secas ao ar por 5 dias. Após esse período o solo foi peneirado com peneira com malha de diâmetro de 2 mm e analisado no Laboratório de Análises Químicas do UNIFEB. As amostras foram retiradas com o auxílio de trado tipo holandês e nas camadas de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m, e enviadas ao Laboratório de Química da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), para a determinação de pH ( $\text{CaCl}_2$  0,01 M), P (resina), K (resina), Ca (resina), Mg (resina); H+Al ( $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  0,5 mol  $\text{L}^{-1}$ ); e com base nos resultados foram calculados a soma de base (SB); capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) seguindo metodologia proposta por Raij *et al.* (2001).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Procedeu-se à análise da variância, com a aplicação do teste de médias de Tukey ( $P < 0,05$ ) para diferenciação entre os atributos químicos avaliados. Para realização das análises estatísticas utilizou-se o software SAS (Statistical Analytical System).

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com tabela 3, entre os tratamentos aplicados não houve diferença ( $p > 0,05$ ) para os teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al e Al, e para os valores de pH, SB, CTC e V%. Houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos aplicados somente para o teor de K.

Em relação aos manejos na média das profundidades, se verificou que não houve influência dos tratamentos testados nas variáveis. Entretanto quando comparado com as profundidades houve diferenças significativas. O pH em  $\text{CaCl}_2$ , como era de se esperar decresceu em profundidade. A maior diferença de pH em  $\text{CaCl}_2$  ocorreu em 0-0,20 m de profundidade. De acordo com COSTA e ROSSALEM (2007) a ação do calcário em profundidade, aplicado a partir da superfície do solo, é restrita, pois os ânions resultantes da sua dissolução, responsáveis pela neutralização da acidez, são consumidos nas reações com outros cátions ácidos ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Al}^{+3}$ ) na camada de deposição de calcário.

Para a matéria orgânica do solo (MOS) os teores foram semelhantes nos tratamentos aplicados e diminuíram em profundidade. O maior teor de MOS na primeira camada e reflexo da correção do solo, como consequência maior volume de solo explorado pelas raízes que com que, em cana-de-açúcar, se renovam periodicamente aumento o teor de matéria orgânica na camada de 0-0,20 m.

Nos manejos em que ocorre mobilização total ou parcial do solo, é comum a incorporação da vegetação nativa para estabelecimento de atividades esta incorporação auxilia no aumento de produção de matéria orgânica na camada de solo superficial (WOHLENBERG *et al.*, 2004). Aliado a isso, o revolvimento da terra contribui para a redução do teor de material orgânico com posterior formação de matéria orgânica, reconhecida como um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados (GRIEVE *et al.*, 2005).

**Tabela 3.** Dados da análise química do solo para macronutrientes, pH, H+Al, SB, CTC e V%, da camada de 0-0,20 e 0,20-0,40 m.

Tratamentos	pH	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>+3</sup>	SB	CTC	V	Al <sup>+3</sup>
	(CaCl <sub>2</sub> )0,01 M	-- g dm <sup>-3</sup> --	-- mg dm <sup>-3</sup> --	----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
Controle	4,83	14,50	7,16	0,76b	14,16	5,66	22,33	20,68	43,02	48,07	2,83
PRNT103/SUP	4,76	15,00	7,16	1,25a	12,66	4,33	21,50	18,08	39,58	45,05	2,50
PRNT103/INC	4,81	15,67	6,00	0,93ab	12,66	4,66	20,33	18,26	38,60	46,06	2,66
PRNT70/SUP	4,80	15,67	8,33	1,06ab	12,16	4,33	20,33	17,38	37,72	45,60	1,66
PRNT70/INC	4,66	15,67	6,00	0,88ab	12,50	4,83	22,33	17,73	40,06	43,73	3,00
Média	4,72	14,90	6,66	0,97	12,35	4,73	21,83	17,83	39,66	44,48	2,63
Teste (F)	0,43 <sup>NS</sup>	1,93 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	2,88 <sup>**</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	1,20 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	2,00 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>
DMS	0,41	2,09	2,86	0,23	4,77	1,98	3,36	6,38	5,33	9,89	2,26
<b>Profundidade (cm)</b>											
0 – 20	4,97 a	16,28 a	7,000	1,27 a	14,81 a	5,76 a	23,43 a	21,84 a	42,37 a	50,62 a	1,14 a
20 - 40	4,47 b	12,66 b	6,33	0,67 b	10,47 b	3,71 b	20,52 b	14,67 b	38,11 b	38,09 b	4,14 b
Teste (F)	15,84 <sup>**</sup>	31,21 <sup>**</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	66,02 <sup>**</sup>	8,65 <sup>**</sup>	11,19 <sup>**</sup>	7,85 <sup>**</sup>	13,25 <sup>**</sup>	6,71 <sup>**</sup>	16,85 <sup>**</sup>	18,40 <sup>**</sup>
DMS	0,41	2,09	2,86	0,23	4,77	1,98	3,36	6,38	5,33	9,89	2,26
CV	8,69	14,50	12,89	24,51	17,77	21,86	15,29	14,954	13,266	12,303	15,74

<sup>NS</sup>Não-significativo, \* e \*\*Significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente,

De acordo com Bronick e Lal (2005), a agregação resulta do rearranjo de partículas, flocculação e cimentação mediado pelo  $C_{\text{orgânico}}$  do solo, biota, ponte iônica, argila e carbonatos, sendo o carbono, ao mesmo tempo, agente de ligação e núcleo na formação dos agregados. Cabe ressaltar que os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio também participam desse processo, principalmente em solo tropicais e altamente intemperizados, como é o caso do Latossolo Vermelho.

Esse fato é corroborado por Oliveira *et al.* (2008), que avaliando características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra, concluíram que os horizontes superficiais demonstraram maior agregação e uma das razões para estes níveis de agregação podem estar relacionadas com os maiores teores de  $C_{\text{orgânico}}$  encontrados nestes horizontes, uma vez que a matéria orgânica é agente primordial na formação e estabilização de agregados, e, na mata, o aporte constante de matéria orgânica concorre para a melhor agregação dos solos.

Um fato importante a ser destacado é que se verificou que as operações de manejo do solo não propiciaram redução da matéria orgânica do solo, somente proporcionando uma realocação em camadas mais profundas do solo, fato também observado por Klein *et al.* (2007). Esse fenômeno ocorre em função dos corretivos terem sido incorporados numa camada de 0-0,20m.

Para o fósforo (P) o comportamento não se alterou nas médias em profundidade e também dentro dos manejos. O fósforo se manteve constante com teores em média de  $6,66 \text{ mg dm}^{-3}$ . Isto pode ser explicado pela afirmação de que o P é elemento pouco móvel, permanecendo no local onde foi depositado (FALLEIRO *et al.*, 2003).

Outro motivo para não ocorrer alteração nos valores de P disponível no solo em profundidade pode estar relacionado com a não alteração do pH, fazendo com que a maior parte do fosforo adsorvido não tenha se tornando disponível para as plantas (TUCCI *et al.*, 2010). De acordo com Addiscott e Thomas (2000), a ausência de revolvimento e a manutenção de resíduos culturais na superfície, contribuem para aumento dos teores desse nutriente no solo.

No potássio o comportamento foi diferente ao do fósforo, reduzindo os teores de  $1,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0-0,20 m para  $0,67 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0,20-0,40 m, entretanto se comparamos com a análise antes da aplicação dos corretivos podemos observar que em valores absolutos houve pouca variação, que é atribuída a adubação de plantio feito nas parcelas. O maior teor de K foi encontrado quando se aplicou calcário mais fino (PRNT = 103%) e em superfície, entretanto este tratamento não diferiu dos outros que foram aplicados corretivos, independente do valor PRNT e forma de incorporação. O aumento observado com o uso de corretivos está ligado ao processo de troca catiônica, pois o excesso de  $\text{Ca}^{2+}$  deslocaria o  $\text{K}^+$ , em função de sua valência, aumento o teor de  $\text{K}^+$  na solução do solo.

Estes resultados concordam daqueles encontrados por Vieira (2011), estudando a forma de incorporação do calcário em Latossolo Vermelho Distrófico e utilizando  $3,1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário com PRNT = 75, observou diferenças no teor de potássio do solo, em decorrência dos sistemas de preparo adotados, sinalizando significativo aumento na semeadura direta quando comparada com sistemas com operações de aração e gradagem.

Convém ressaltar que a aplicação em superfície de calcário não foi capaz de melhorar a distribuição do K em profundidade, pois os corretivos são considerados insolúveis e não tem capacidade para se movimentar pelo perfil do solo. Na camada de 0-0,20 m os teores foram considerados baixos ( $0,8 - 1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), na camada de 0,20-0,40 são muito baixo ( $0 - 0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (RAIJ *et al.*, 1997), onde o fato ocorre para todos os manejos.

Comparando os diferentes corretivos que foram aplicados em superfície ou incorporado, não alteraram significativamente os valores de Ca e Mg. Entretanto, podemos observar uma elevação dos teores desses elementos na camada de 0-0,20 m em 29 e 35,6%, respectivamente, o que já ocorria antes da aplicação dos corretivos.

Para o índice acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) também ocorreu uma redução em relação ao aumento de profundidade, entretanto na média dos tratamentos com uso de corretivos não houve diferenças significativas. Em relação à camada o maior índice ocorreu nos tratamentos que receberam calcário na superfície e incorporado de uma forma mais pronunciada até os 0-0,20 m, reduzindo esta variação nos 0,20-0,40 m. Novamente analisando a profundidade, os valores da acidez potencial foram 12,40% superior na camada de 0-0,20 m.

Resultados semelhantes foram encontrados por Vieira (2011), estudando a incorporação de calcário, observou decréscimo na acidez potencial com o aumento da profundidade.

Em relação à CTC está foi decrescente em profundidade e dentro dos manejos não houve diferenças significativas. De acordo com Raij *et al.* (2011), a análise envolvendo CTC e  $H^+ + Al$  deve ser vista com reserva, pois é necessário lembrar que a CTC é, em última análise, o somatório de  $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + H^+ + Al^{3+}$  e que solos com um mesmo valor de CTC apresentarão  $H^+ + Al^{3+}$  com valores distintos, dependendo do pH (ou da quantidade de bases presentes).

A soma de bases (SB) e a saturação por bases (V%) seguiu a mesma tendência da CTC, diminuiu com a profundidade, apresentando valores maiores na camada de 0-0,20 m, já o manejo adotado não influenciou no parâmetro estudado, sendo que, este comportamento também foi descrito por Rossato *et al.* (2009).

Nos teores de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) os valores aumentaram em profundidade, considerando que os maiores valores ocorreram na camada de 0,20-0,40 m, com valor 72,5% superior. O tipo de corretivo adotado não influenciou nos teores de alumínio no solo.

O efeito negativo da acidez e toxidez por Al na produção agrícola é menos acentuado em sistema conservação de palhada, sendo que uma explicação pode ser a maior quantidade de ânions orgânicos complexantes, que diminuem as formas tóxicas do Al na solução do solo (CAMBRI, 2004).

O fato de incorporar ou não o calcário ao solo não afetou os atributos químicos do solo, uma indicação de que transcorridos 3 meses da aplicação do corretivo, quando foi realizada a primeira amostragem do solo, a soja se beneficiou dos efeitos da calagem, mesmo quando administrada na superfície do solo, o que pode ser demonstrado quando se analisa as alterações dos atributos químicos do solo.

Analisando as diferenças deste trabalho com as dos anteriormente referidos, destacam-se o menor tempo decorrido entre a aplicação do calcário e a avaliação dos seus efeitos no solo, a utilização de calcário constituído de partículas mais finas e grosseiras, a aplicação na superfície do solo ou incorporada na camada de 0-0,20 m.

Assim, pode-se afirmar que a ação do calcário, que não ocorreu de maneira rápida e em profundidade no perfil do solo, deveu-se majoritariamente a insolubilidade dos corretivos que não reagiram na subsuperfície do solo e os produtos de sua dissolução tiveram efeito apenas na camada superficial.

## CONCLUSÃO

Aos 100 dias de após a aplicação de calcário superficial ou incorporado não houve modificações nos atributos químicos no solo. As diferenças nos atributos químicos do solo em

profundidade ocorreram em função dos teores naturais presentes no solo. O tempo de reação do calcário aplicado superficialmente e incorporado não foi suficiente para promover modificações nos atributos químicos do solo, sendo necessário um tempo maior de avaliação do experimento.

## REFERÊNCIAS

- ADDISCOTT, T.M.; THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: Phosphate. **Soil & Tillage Research**, v.53, p.255-273, 2000.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. **Geoderma**, v.124, p.3-22, 2005.
- CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil and Use Management**, Oxford, v. 27, p. 45-53, 2011.
- CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistemas de plantio direto. **Informações Agronômicas – INPI**, Piracicaba, n. 147, 1-13, 2013.
- CAIRES, E. F. *et al.* Soil acidity and aluminium toxicity as affected by surface liming and cover oat residues under a no-till system. **System Use and Management**, v. 24, n. 3, p. 302-309, 2008.
- CAMBRI, M.A. **Calagem e formas de alumínio em três localidades sob sistema de plantio direto**. Piracicaba, 2004. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- COSTA, A.; ROSOLEM, C. A. Liming in the transition to no-till under a wheat–soybean rotation. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 97, n. 2, p. 207-217, 2007.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 2013. 353 p.
- FALLEIRO, R. M. *et al.* Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.
- GONÇALVES, J. R. P. *et al.* Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 369-375, 2011.
- GRIEVE, I.C.; DAVIDSON, D.A.; BRUNEAU, P.M.C. Effects of liming on void space and aggregation in an upland grassland soil. **Geoderma**, v.125, p.39-48, 2005.
- HOFFMANN, H. P.; SANTOS, E. G. D.; BASSINELLO, A. I. V.; VIEIRA, M. A. S.. **Variedades RB de Cana-de-açúcar**. Araras, Universidade Federal de São Carlos, 2008.
- KLEIN, V. A. *et al.* Adaptação de um equipamento para incorporação de calcário em solos sob plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.6, n.2. p.95-103, 2007
- OLIVEIRA, J.T. de *et al.* Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2821-2829, 2008.



---

PINHEIRO, D. P.*et al.* Productivity of Marandu grass as a function of liming and phosphate fertilization in a Typic Hapludult from Amazonia. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 1, p. 49-56, 2014.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M., NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 27, p. 287-296, 2003.

RAIJ, B. VAN.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

RAIJ, B. van *et al.* **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

ROSSATO, O.B.*et al.* Correction of soil acidity in the subsurface of an oxisol with sandy loam texture under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.659-667, 2009.

SOBRAL, L. F. **Efeito do calcário e do gesso na produção e nos teores Ca, Mg e S na folha da laranjeira**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 13, 2011. (Boletim de Pesquisa n. 58)

TUCCI, C.A.F.*et al.* Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus sw.*, bombacaceae). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 543-548, 2010.

VIEIRA, M. L. **Escarificação como forma de incorporação de calcário em um Latossolo Vermelho sob plantio direto**. p.171, 2011. Doutorado (Agronomia). Universidade de Passo Fundo-RS.

WOHLENBERG, E.V.*et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.891-900, 2004.

